

RESILIENCE
e-ISSN: 2602-4667

Eskişehir Teknik Üniversitesi

Resilience

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/resilience>

İklim Değişikliğine Dayanıklı Bir Mega Kent Olma Yolunda, İstanbul On the Way to Becoming a Megacity Resistant to Climate Change, Istanbul

Şafak BAŞA¹ , Ece SAĞIR KURT^{1*} , Ezgi ATLI¹ , Tunay ÇARPAR¹ 

ORCID 0009-0005-6081-0413

ORCID 0000-0001-5440-7584

ORCID 0000-0003-3672-3473

ORCID 0000-0002-2227-4905

¹*Istanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi, 34060, İstanbul, Türkiye*

Öne Çıkanlar / Highlights

- İstanbul'un iklimsel kırılganlığının izlenmesi
- İklim değişikliğine dayanıklılığın artırılmasına yönelik anlaşmalar ve çözümlerin derlenmesi
- The monitoring of the climatic fragility of Istanbul
- The compilation of agreements and solutions aimed at increasing climate change resilience



Makale Bilgisi / Article Info

Gönderim / Received:

11/06/2024

Kabul / Accepted:

26/12/2024

Anahtar Kelimeler

İklim Değişikliği

Mega Şehir

Adaptasyon

Su Yönetimi

Keywords

Climate Change

Mega City

Adaptation

Water Management

Özet

Kentleşme oranının her geçen gün artması ile yoğunlaşan kentleşme faaliyetleri, mega kentlerin iklim değişikliğine uyum sürecinde karşılarına çıkan en büyük sorun olan sera gazı emisyonunun ve iklim değişikliği etkilerinin artmasına sebep olmaktadır. Kuraklık, kent 1ee n1 ve taşkınlar, sıcak hava dalgaları, deniz seviyesi yükselmesi konuları, İstanbul gibi mega kentleri etkileyen iklim değişikliği etkileri arasında yer almaktadır. İklim değişikliği etkilerine uyum planlamaları ve çalışmaları gerçekleştirilirken söz konusu etkilerin nedenleri, tarihsel olarak görülme sıklıkları, tekrarlanma olasılıkları, etkilenen sektörler, gelecek yıllar için çeşitli iklim senaryolarında yer alan tahmin ve öngörüler dikkate alınmalıdır. Gelecek yıllarda iklim değişikliğine dayanıklı bir şehir olmayı taahhüt eden İstanbul'un mücadele ve uyum sürecinde su alanında yapılan ve planlanan çalışmalara bu yazıda yer verilmiştir. Bu çalışmalar; kuraklık koşullarında suyun korunmasına ilişkin abonelerin bilgilendirilmesi, su kayıp-kaçaklarına yönelik su denetimlerinin sıklaştırılması, su tasarrufu sağlayan teknolojileri kullanan abonelere teşvik programları uygulanması, kent 1ee n1 ve taşkınlar için tahmin ve erken uyarı sistemlerinin kurulması, dere ıslah ve yeşil altyapı çalışmaları yapılması, deniz seviyesinin takip edilmesi ve gerekli tedbirlerin alınması şeklinde sıralanabilir.

Abstract

Urbanization activities, intensifying with the increasing rate of urbanization, cause an increase in greenhouse gas emissions and climate change effects, which are the biggest problems faced by megacities in the adaptation process to climate change. Drought, urban floods and overflows, heat waves, and sea level rise are among the climate change effects that affect megacities such as Istanbul. While carrying out adaptation plans and studies to the effects of climate change the causes of the said effects, their frequency, probability of recurrence, affected sectors, forecasts and predictions in various climate scenarios for the coming years should be taken into account. The works carried out and planned in the field of water in the combating and adaptation process of Istanbul, which is committed to being a city resistant to climate change in the coming years, are included in this article. These studies include

informing subscribers about protecting water in times of drought, tightening water audits for controlling water losses, implementing programs towards encouraging customers that use water-saving technologies, rehabilitating the network and water treatment system, and exploring alternative water resources, rehabilitation works in network and treatment systems, exploration of alternative water sources, establishment of forecasting and early warning systems for urban floods and floods, stream improvement, green infrastructure works, following the sea level and taking the necessary precautions.

1. GİRİŞ / INTRODUCTION

Nüfusu 10 milyondan fazla olan büyükşehirler “mega kentler” olarak adlandırılmaktadır. (United Nations, 2006; Folberth, vd., 2015). Mega kentler, yüksek nüfus yoğunluğu ve çok sayıda işletme ve üretim tesislerini bulundurması sebebiyle, ekonomik faaliyetlerin sıcak noktalarına ve çevrelerini etkileyen büyük kirletici kaynaklarına dönüşmektedir. 2050 yılına kadar kentleşme oranının dünyada %75 mertebelerine ulaşacağı tahmin edilmektedir (EUROSTAT, 2022a). Kentleşme oranının giderek artması, iklim değişikliğine neden olan etmenleri de arttırmaktadır. İklim değişikliğine neden olan etmenlerin başında gelen sera gazı emisyonlarının artması %75 gibi yüksek oranlarda olan kent nüfusunun üretim faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır (Tuğaç, 2022).

Türkiye'nin ve Avrupa'nın en kalabalık kenti olan mega kent İstanbul 15,5 milyondan fazla nüfusa sahiptir. Türkiye'nin finans başkenti olması ve ülke ekonomisi üzerinde önemli bir etkiye sahip olması sebebiyle de İstanbul, iklim değişikliği etkilerine uyum faaliyetlerinin merkezinde yer almak durumundadır. Gelecek yıllarda karbon emisyonlarını azaltmayı ve iklime dayanıklı bir şehir olmayı taahhüt eden ve çalışmalarına süratle devam eden İstanbul, kuraklık ve sel gibi iklim değişikliği etkilerine karşı oldukça hassas bir konumdadır (İBB, 2021). Kentlerin tüm bu etkilere uyum kapasitelerinin geliştirilmesi sürecinde ilgili tüm paydaşların işbirliği önemlidir. Ülkemiz, küresel ısınma ile mücadele ve iklim değişikliğine uyum kapsamında sera gazı emisyonlarını azaltmaya yönelik adımlar atmakta, araştırma ve teknoloji alanında işbirliği yaparak çeşitli sözleşmelere, protokollere ve anlaşmalara taraf olmaktadır. Bunlar; Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (2004), Kyoto Protokolü (2009), Paris Anlaşması (2016) ve Avrupa Yeşil Mutabakatı (2021) olarak sıralanabilir. (T.C. Dışişleri Bakanlığı, 2022). Türkiye’de iklim değişikliği politikaları doğrudan ilk defa 8. Kalkınma Planında yer almış, 9. Kalkınma Planında ise iklim değişikliği stratejisinin ve sera gazı azaltım eylem planının hazırlanması hedeflenmiştir. 10. Kalkınma Planında küresel iklim değişikliğiyle mücadeleye yönelik ülkemizin özellikle emisyon azaltımı ve uyum kapsamında ortak fakat, farklılaştırılmış sorumluluklar ve göreceli kabiliyetler ilkelerine göre katkı vermesi hedeflenmiştir. İklim değişikliği bağlantılı tedbirlerin ulusal politikalara, strateji ve planlara entegrasyonu gibi konularda 2000-2016 yılları arasında ilerleme kaydedilmiştir. Mevzuatın hayata geçirilmesi, stratejilerin sektörlere ve yerel düzeye indirgenmesi, iklim risklerinin sistematik olarak değerlendirilmesi, uyum konusundaki gelişmenin izlenmesi gibi alanlarda ise ilerleme sınırlı kalmıştır (İSKİ, 2022). İklim değişikliği etkilerinin küresel ölçekte giderek artması ve alınan önlemlerin bu artış hızını dengeleyememesi sebebiyle ülkeler bazında yapılan anlaşmaların yanında, şehir bazlı anlaşmalar ile de iklim değişikliği adaptasyonu her ölçekte çalışılmaktadır. Şehir bazlı anlaşmaların ilklerinden biri İstanbul’un 2006’dan beri üye olduğu C40 Büyük Kentler İklim Liderlik Grubu (C40 Cities)’dur. Tüm dünyadan yaklaşık 100 kentin üye olduğu C40, iklim değişikliğine karşın sera gazı emisyonlarının azaltılması için Ekim 2005’te Londra’da, dünya kentlerinin bir araya gelerek oluşturdukları bir ağıdır (C40, 2022). Dünyanın dört bir yanından, özellikle C40 İklim Liderleri Grubu’na üye şehirler iklim değişikliği konusunda kentlere liderlik etmektedirler. İstanbul, Türkiye’den C40’a üye olan tek şehrimizdir. C40 İklim Liderleri Grubu’na üyeler, Deadline 2020 ile şehirlerini 2050 yılına kadar karbon nötr hedefine “adil bir paylaşım” yoluyla ulaştırmayı taahhüt etmişlerdir.

Bu esaslar doğrultusunda bu çalışmanın amacı, bir mega 2ee n22an İstanbul’u etkileyen iklim değişikliği etkilerine karşı 2ee n2 ilgili konularda yapılan çalışmaları ve planları ortaya koymaktır. Çalışma bu kapsamda 2 bölüm olmak üzere; (1) İstanbul’u etkileyen iklim değişikliği etkilerinden kuraklık, kent 2ee n2 ve taşkınlar, sıcak hava dalgaları, deniz seviyesi yükselmesi konularını ve (2) iklim değişikliğine dayanıklı bir kent olma yolunda İstanbul için su konularındaki çalışmaları içermektedir.

2. İSTANBUL’U ETKİLEYEN İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ ETKİLERİ / THE IMPACTS OF CLIMATE CHANGE AFFECTING ISTANBUL

2.1. Kuraklık

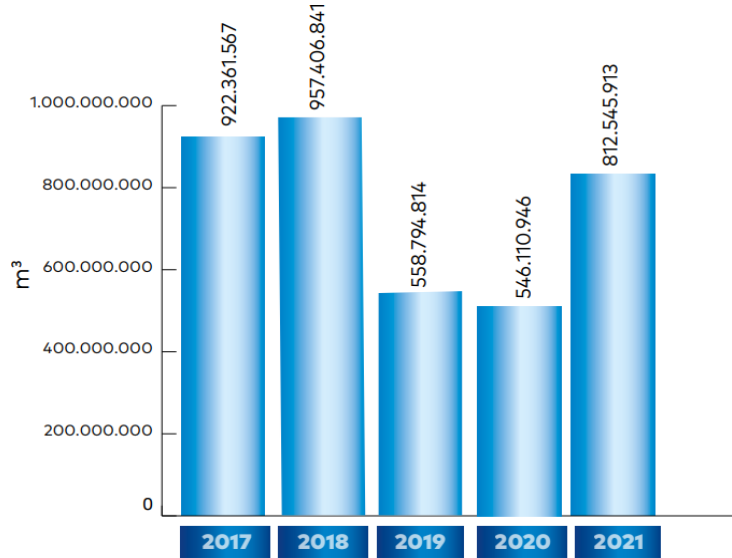
Kuraklık, hidrolojik döngünün ardışık bileşenlerini etkileyerek doğal su kaynaklarının uzun süreli ve bölgesel olarak azalmasına neden olan bir durumdur. Bu durum, yağış eksikliği başta olmak üzere yüksek sıcaklık, kuvvetli rüzgâr ve düşük bağıl nem gibi iklim faktörlerinden kaynaklanır. (Wilhite, 2000; Szalińska, vd., 2018). Kuraklık, iklimin normal bir unsuru olmakla birlikte görülme sıklığı ve tekrarlanma olasılığı en yüksek etkilerden biridir. Ayrıca birçok açıdan diğer iklim değişikliği etkilerinden ayrılmaktadır. Kuraklığın etkileri genellikle uzun bir süre boyunca yavaş yavaş biriktiğinden ve olayın sona ermesinden sonra yıllarca sürebildiğinden, kuraklığın başlangıcını ve sonunu belirlemek zordur. Hidrolojik aşırılıklardan biri sayılan kuraklık, kırsal kesimi ve tarımı etkilediği kadar kentsel alanları da etkilemektedir.

Dünya Sağlık Örgütü’nün verilerine göre dünyada her yıl 55 milyona yakın bir insan topluluğu kuraklıktan doğrudan ve dolaylı olarak etkilenmektedir. Kuraklık sebebiyle insanların geçim kaynakları tehlikeye düşmekte, hastalık ve ölüm riski ile toplu göç olayları artmaktadır. Günümüzde su kıtlığı dünya nüfusunun yaklaşık %40’ını etkilemektedir. 700 milyon kadar insanın ise 2030 yılına kadar kuraklık nedeniyle bulunduğu bölgelerden göç edeceği tahmin edilmektedir (WHO, 2022).

Avrupa büyük ölçüde yeterli su kaynaklarına sahip olarak 3e n edilmesine 3e n3, kuraklığa bağlı su kıtlığı 2007 yılında Avrupa’nın %11’ini etkilemiş ve giderek daha sık görülmeye başlamıştır. Bunun yanı sıra Akdeniz bölgesindeki 5 kişiden birinin sürekli su sıkıntısı çektiği bilinmektedir. Ayrıca, 1980’den 2010 yılına dek Avrupa’daki kuraklık sıklığı ve şiddeti artmış 30 yıllık süreçte tahmini 100 milyar Avroluk zarara sebep olmuştur. Avrupa topraklarında meydana gelen en şiddetli kuraklıklardan biri, AB topraklarının üçte birinin ve 100 milyondan fazla insanın etkilendiği 2003 yılında meydana gelmiştir. 1976 ile 2006 arasında, kuraklıktan etkilenen insan ve alanların sayısı neredeyse %20 artmış ve yıllık ortalama maliyet dört katına çıkmıştır (European Commission, 2022).

Türkiye bir Akdeniz ülkesi olması sebebiyle su kıtlığı ve kuraklıktan Avrupa’nın birçok bölgesinden daha fazla etkilenmektedir. Ayrıca iklim değişikliğinin etkisi ve nüfus artışına bağlı olarak Türkiye’de su kaynaklarının tüketimi geçmiş yıllara oranla çok daha fazladır. 2010 yılı öncesi %20 civarında olduğu bilinen Türkiye’nin su kullanım indeksi (WEI+), 2010 yılı için %21,3, 2012 yılı için %23,9, 2014 yılı için %21,6, 2016 yılı için %25,8 ve 2018 yılı için %26,3’tür. %20’nin üzerinde bir su kullanım indeksi su kıtlığını, %40’ın üzerinde bir değer ise şiddetli su kıtlığını ifade eder (EUROSTAT, 2022b; T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2022). Öte yandan kuraklık etkilerine karşı harekete geçen Avrupa’da su kullanım indeksi %9 civarında iken, bazı Akdeniz ülkelerinde bu oran %40’a yakındır. Bu durum Türkiye’nin de içinde bulunduğu Akdeniz bölgesini iklim değişikliğine karşı en hassas bölgelerden biri yapmaktadır. İklim etkilerinin ağırlaşması ile önümüzdeki yıllarda Türkiye’yi, benzer zorluklarla karşılaşacak olan AB üye ülkeleri Yunanistan, Malta, Portekiz, İtalya ve İspanya gibi, su kullanım indeksinin %30’un üzerinde olan ülkeler grubuna dahil etme ihtimali vardır.

Türkiye’nin yıllık yağış değişimine bakıldığında en uzun 3e n şiddetli kuraklık dönemleri 1971-1974, 1983-1984, 1989-1990, 1996-2001, 2007-2008, 2013-2014 yılları olarak bilinmektedir (Kurnaz, 2014). Son 44 yılın en yüksek seviyesi olarak T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından kayıtlara geçen kuraklık ise 2017 yılında yaşanmıştır. Gerek yüksek nüfus oranı gerek yüzeysel su kaynaklarını kullanması sebebiyle yaşanan kuraklıklardan etkilenme oranı en yüksek şehirlerden biri olan İstanbul’da baraj doluluk oranları Aralık 2020 yılında %20 civarlarına gerileyerek son 27 yılın en düşük seviyesine gelmiştir (İSKİ, 2020). 2021 yılında artan yağışlar ile birlikte barajların doluluk oranları artmaya başlamıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Barajlara Yağışlardan Gelen Su Miktarları (İSKİ, 2021)

IPCC raporlarında yer alan, RCP (Representative Concentration Pathways-Temsili Konsantrasyon Rotaları) adı verilen iklim senaryolarından RCP 8.5 senaryosuna göre iklim değişikliği etkisi altında İstanbul özelinde 25 yılda bir görülebilecek bir kuraklığın süresi 4,1 yıldan 4,8 yıla yükselmiş (%18,3 artmış), 100 yılda bir görülebilecek katastrofik bir kuraklığın süresi ise 5 yıldan 6,1 yıla yükselmiştir (%21 artmıştır). Senaryoya göre İstanbul özelinde daha uzun süreli ancak daha az şiddetli kuraklıkların yaşanabileceği öngörülmektedir.

2.2. Kent Selleri ve Taşkınlar

Seller en sık gerçekleşen doğal afetlerden biri olmakla birlikte aşırı akışın kuru toprağa nüfus edemediği durumlarda meydana gelir. Seller genellikle aşırı yağış, kar kütlelerinin hızla erimesi, kıyı bölgelerinde tropikal bir siklon veya tsunamiden kaynaklanan bir fırtına dalgası sebebiyle oluşur. Drenaj havzasının tepki süresinin kısa olduğu küçük havzalarda ani taşkınlar meydana gelir (Doswell, 2015). Kent selleri ise yoğun yapılaşma sebebiyle doğal bitki örtüsünün olmadığı, suyun toprağa sızmasının mümkün olmadığı alanlarda görülür. Kentleşme yüzeysel akışı doğal yüzeylere göre iki ile altı kat daha arttırmaktadır. Kent altyapısı ani gelişen selleri yönetmekte çoğu zaman yetersiz kalmakta, kısa sürede caddeler ve sokaklar derelere, binaların bodrum katları da birer ölüm tuzağı kapalı yüzme havuzlarına dönüşebilmektedir. Bu sebeple sel hasarlarının %75'i kentlerde görülmektedir (Kadioğlu, 2019).

Sel, Türkiye'deki en yıkıcı doğal afet türlerinden biridir. Yoğun ve uzun süreli sağanak yağışlarla ilişkili ani seller, özellikle Türkiye'nin kıyı kesimlerinde yaygın bir olgudur. Türkiye'nin kıyı kesiminde yer alan, 15,5 milyon nüfuslu ve nüfus yoğunluğu çok yüksek (2987 kişi/km²) bir mega kent olan İstanbul, tarihsel olarak doğal afetlere, özellikle de ani sel baskınlarına karşı savunmasız kalmıştır. İstanbul'daki sel etkileri şiddetli yağışların birleşik etkileri, taşkın ovalarının konut ve ticari binalar tarafından işgal edilmesi, geçirimli yüzeylerin yüksek oranda kaplanması ve yetersiz drenajın bir sonucudur (Flash floods and Urban flooding Turkey, 2022).

İklim değişikliğine bağlı aşırı hava olaylarının artması İstanbul gibi dünya nüfusunun büyük çoğunluğunun yaşadığı şehirler başta olmak üzere, dünyanın birçok bölgesinde doğa kaynaklı tehlike profilini değiştirmektedir. Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) raporlarına göre iki derece sıcaklık değişiminin uç değerlerde 10-15 kat artışa sebep olacağı beklenmektedir. Kentsel İklim Değişikliği Araştırma Ağının (UCCRN) "İkinci Şehirler ve İklim Değişikliği Değerlendirme Raporu (ARC3.2)" kapsamında incelenen 100 şehir için iklim değişikliği gözlem ve projeksiyonlarına göre yıllık ortalama yağış miktarında aşırı dalgalanmalar gerçekleşeceği öngörülmekte olup; bu kapsamda yağış miktarının 2020'li yıllarda, 2050'li yıllarda ve 2080'li yıllarda sırası ile (-%7, +%10), (-%9, +%15), (-%11, +%21) arasında değişeceği tahminleri yapılmaktadır (Peker & Aydın, 2019). Bu durum tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde ve İstanbul'da da aşırı hava olaylarının neden olduğu gök gürültülü

fırtınalar sonrası ani sellerin oluşum sıklığında ve şiddetinde de artış anlamına gelmektedir. Yağış rejimlerine bakıldığında Akdeniz iklimine özgü yağışlı ve kurak dönemler arasında farkın yüksek olduğu ülkemizde, artan sıcaklık farkından dolayı oluşan konvektif yağışlar sık sık sellerin meydana gelmesine katkıda bulunmaktadır (Kadıoğlu, 2019). Öyle ki son yıllarda görülen ani kent selleri Akdeniz iklimi için kurak dönem olarak kabul edilen yaz aylarında ani ve kontrol edilemez şekilde oluşmuştur. Metrekareye 91 kg yağışın düştüğü 18 Temmuz 2017’de meydana gelen ve günlük hayatı durma noktasına getiren aşırı yağış sonrası oluşan sel olayının ardından 27 Temmuz 2017 tarihinde yağın aşırı yağışa (metrekareye 40 kg) dolu da eklenmiştir. Yaşanan afetin faturasının yaklaşık 1 milyar Türk lirası olarak tahmin edilmektedir (Baltacı, 2018; CNN Türk, 2017).

İklim değişikliğinin önemli konularından biri de yağışlarda görülen aşırılıklar sebebiyle su kaynakları üzerindeki etkileridir. Taşkın şeklinde kendini gösteren aşırı yağışlar, tolere edilmesi zor mali yüklere ve hatta can kayıplarına yol açmaktadır (IV. Uluslararası Su Kongresi, 2017). Kuraklık afeti de domino etkisiyle taşkın afetine dönüşebilir. Uzun süreli kuraklık afeti ve beraberinde kendisini gösteren sıcak hava dalgaları atmosferdeki ve yeryüzündeki nemin kaybolmasına, bitki örtüsünün kuruyarak orman yangınları için uygun koşulların hazırlanmasına neden olur. Orman yangınları bitki örtüsünü tamamen yok ederek havzanın akış özelliklerini değiştirir. Değişen bitki örtüsü, havzaya düşen yağışın yüzeysel akışa geçişindeki gecikme ve tutulmayı azaltarak toprak nemini yeterince doyurmadan hızla yüzeysel akışa geçmesine sebep olur. Bunun yanı sıra, daha sıcak hava daha fazla su buharı tutar ve buna bağlı olarak daha şiddetli yağışlar oluşur. Artan yağış şiddeti ve düşen yağışın hızla yüzeysel akışa geçmesi taşkın riskini artırır. Yanan ormanlık alanlar külle kaplanır. Kül hidrofobik özellikte olup zamanla ormanlık alanın yüzeyindeki kül ile toprağın karışmasıyla eskiye nazaran daha az geçirgen bir üst katman oluşur. Bu yeni üst katmanda azalan bitki örtüsü yağışın yüzeysel akışa geçme oranını artırabilir. Özellikle topografik eğimi yüksek ormanlık alanların yanmasıyla yağışın yukarı havzada daha hızlı akışa geçmesi ve düşük kotlara daha hızlı hareket etmesi taşkın için uygun koşulları hazırlar (İSKİ, 2022).

2.3. Sıcak Hava Dalgaları

İklim değişikliğinin sonuçlarından biri de sıcak hava dalgaları gibi aşırı hava olaylarının artmasıdır. Genel olarak, sıcak hava dalgaları, yüksek nemin eşlik edebileceği aşırı sıcak hava dönemidir. Sıcak hava dalgaları bölgeye göre değiştiğinden, evrensel bir tanımı yoktur, sadece bölgedeki olağan hava durumuna ve mevsim için normal sıcaklıklara göre tanımlanırlar. Dünya Meteoroloji Örgütü, sıcak hava dalgasını, günlük maksimum sıcaklığın ortalama maksimum sıcaklıktan 5 °C veya daha fazla olduğu, birbirini takip eden 5 veya daha fazla gün süren uzun süreli sıcaklık olarak tanımlamaktadır (Marx, vd., 2021). ARC3.2 gözlem ve projeksiyonlarına göre yıllık ortalama sıcaklık artış trendleri incelendiğinde, 1961 ila 2010 yılları arasında her 10 yıllık dönem için 39 şehrin yıllık ortalama sıcaklıkların 0,12 ile 0,45 °C arasında arttığı gözlenmiştir. Yine aynı raporda incelenen 100 şehir için 2050’li ve 2080’li yıllarda yıllık ortalama sıcaklıkların sırasıyla 1,4 ile 3 °C ve 1,7 ile 4,9 °C arasında artacağı öngörülmektedir (Peker & Aydın, 2019). Ayrıca daha yoğun ve sık olarak meydana gelen sıcak hava dalgaları insan kaynaklı iklim değişikliği etkisi olmadan sadece doğal iklim değişikliği ile açıklanamamaktır (IPCC, 2014; Marx, vd., 2021).

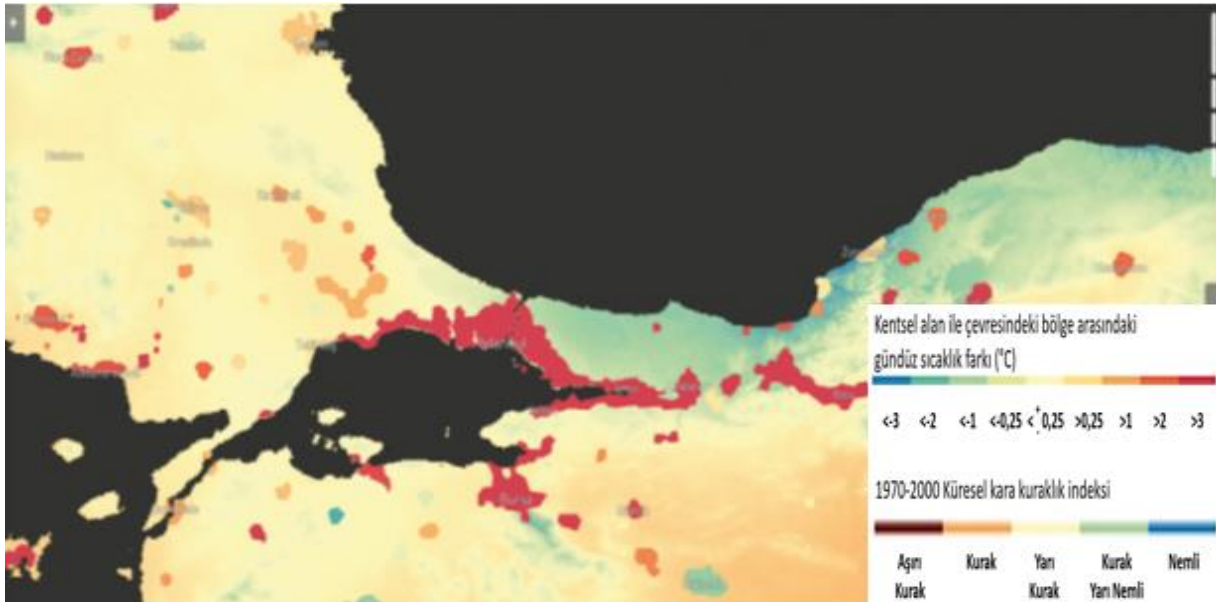
İnsan sağlığına, yaşam konforuna olumsuz etkileri olan sıcak hava dalgaları; ani ölümlere, orman yangınlarına, kötü hava kalitesine, aşırı elektrik ve su tüketimine de sebep olur. Ayrıca ekosistemin bozulmasına, kuraklaşmaya, su kıtlığına yol açar. Tarım ve turizm başta olmak üzere etkilediği sektörlerde ekonomik kayıplar görülür (Ciais, vd., 2005; Demirtaş, 2016). Sıcak hava dalgalarına özellikle büyük kentlerde yüksek nem eşlik etmektedir. Bu durum yaşamsal faaliyetleri güçlendirmekte, kısa sürede çok sayıda ölümle sonuçlanabilmektedir. Tarihsel süreçte ölümle sonuçlanan sıcak hava dalgalarına 1200 kişinin ölümüyle sonuçlanan Yunanistan (1987-1988) ve 522 kişinin ölümüyle sonuçlanan ABD (1995) olayları örnek gösterilebilir. Son 50 yılın en şiddetli sıcak dalgası ise 1998 yılının Mayıs ve Haziran aylarında Hindistan’da yaşanmış, zaman zaman 49 °C’ye çıkan sıcaklıklar sebebiyle 3028 kişi hayatını kaybetmiştir (Erlat, 1999; Kuba, vd., 2016).

Yakın tarihimize bakıldığında sıcak hava dalgalarının sıklaştığı ve ölümlü vakaların arttığı görülmektedir. 2015 yılının yaz aylarında Hindistan’da 2248 kişinin, Pakistan’da 1229 kişinin ve

Fransa’da 3275 kişinin ölümü, sıcak hava dalgaları sebebiyledir. 2018-2019 yıllarında Avustralya’da en sıcak yaz ortalamaları görülmüştür. 2019 yılının Haziran ve Temmuz aylarında Avrupa’da uzun süreli sıcak hava dalgaları görülmüş, Güney Fransa’da 46 °C’lik sıcaklık ile herhangi bir ayda görülen en yüksek sıcaklık kaydedilmiştir. Isı dalgasının kuzeye doğru yayılması, Grönland’da da buz erime oranını hızlandırmıştır (Aydın & Aydın, 2020). Türkiye’de sıcak hava dalgalarının halk sağlığı üzerindeki etkilerine ilişkin yapılan epidemiyolojik çalışmaya göre, İstanbul’da 2013 ve 2017 yılları arasındaki aşırı sıcak hava dalgası sebebiyle görülen ölüm vakaları incelenmiştir. 2015, 2016 ve 2017’deki aşırı sıcak hava dalgalarının 419 ölüme neden olduğu ve sıcak hava dalgalarının yerel ve ulusal makamlar için giderek önemi artan bir sorun haline geldiği ortaya konmuştur (Can, vd., 2019).

Sıcak hava dalgaları sebebiyle meydana gelen ölümlerin birçoğu kardiyovasküler ve yüksek tansiyon problemlerine bağlı, termal stres kaynaklı rahatsızlıklardır. Termal stres sebebi ile insanın sıcaklığa karşı duyarlılığı ve çevreye uyum gösterme yeteneği yüksek sıcaklık ve buna bağlı havadaki nem miktarının artması nedeniyle gelen soğumayı sınırlandırdığı için, insan fiziksel ve zihinsel işlevlerini yerine getirememektedir. Özellikle mega kentlerde oluşan ve sıcaklığın daha da yükselmesine neden olan ısı dalgaları, iklimik konfor seviyesini bozarak termal stresin daha şiddetli ve daha uzun süreli hissedilmesinde etkindir (Kuba, vd., 2016). Kentsel alanları hızla artan Türkiye bulunduğu enlem ve coğrafi konumu sebebiyle yaz aylarında sıcak hava dalgalarının sık yaşandığı insan sağlığı ve çevre açısından kırılgan ülkeler arasına girmeye başlamıştır. İstanbul ise Türkiye’nin daha sıcak diğer bölgeleri kadar olmasa bile yoğun kent yerleşimlerinden birine sahip olması sebebiyle sıcak hava dalgalarına karşı hassas bir yapıdadır.

İstanbul İklim Eylem Planı’na göre, İstanbul için yapılan senaryolarda (RCP 8.5) yılda 1 ile 4,5 °C arasında daha yüksek ortalama sıcaklıkların yaşanması ön görülmekte ve bu sıcaklık artışının en az 1 ve hatta 2 derecesinin, doğrudan kentsel ısı adası etkisine bağlı olabileceği tahmin edilmektedir. Bu sıcaklık artışlarının, artan bina ve nüfus yoğunluğunun daha fazla ısıtma kaynağına ihtiyaç duyması ve azalan hava kalitesiyle birleşerek ısıyı hapsedeceği kentsel ısı adası etkisiyle birlikte daha da kötüleşeceği ifade edilmiştir. Şekil 2’de verilen kentsel ısı adası haritalandırmasına bakıldığında, İstanbul’un, özellikle çevre bölgelere kıyasla risk altında olduğu söylenebilir (İBB, 2021).



Şekil 2. Gelecekteki kuraklık seviyesi ve kentsel ısı adası etkisinin bindirmesi (İBB, 2021)

2.4. Deniz Seviyesi Yükselmesi

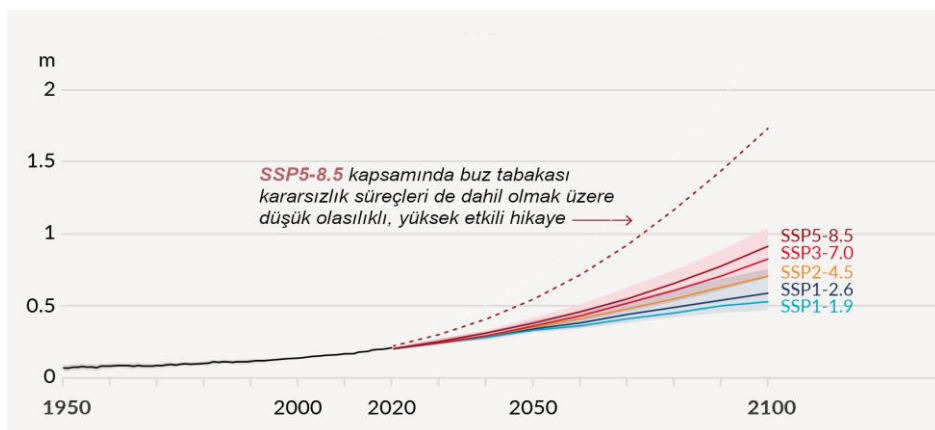
İklim değişikliği, küresel ölçekte ortalama deniz seviyelerinin temelde iki şekilde yükselmesine sebep olmaktadır. Bunlardan ilki, dünya çapında buzullar ve büyük kütleli buz tabakalarının eriyerek okyanusa eklenmesidir. İkincisi ise deniz suyunun ısınması ile hacminin genişlemesidir. Deniz seviyesindeki değişimlerde mevsimsel değişimler, gel-git etkisi, barometrik kabarma, fırtına kabarması ve atmosferik

etkiler gibi çeşitli sebepler kısa süreli etkili olsa da, ortalama deniz seviyesindeki uzun dönemli değişimler iklim değişikliğinin etkisiyle oluşmaktadır (Climate Change: Global Sea Level, 2022).

IPCC'nin 2021 yılında yayınladığı 6. Değerlendirme ve 1. Çalışma Grubu Raporunda küresel ölçekte deniz seviyelerinin 1901'den 2018'e dek 0,20 m yükseldiği belirtilmiştir. Ancak burada dikkat çeken kısım deniz seviyesi yükselme hızıdır. Aynı rapora göre elde edilen veriler 1901 ile 1971 arasında 1,3 mm/yıl olan deniz seviyesi yükselme hızının 1971 ile 2006 arasında 1,9 mm/yıl, 2006 ile 2018 arasında ise 3,7 mm/yıl olduğunu göstermektedir. Özellikle, 1971 yılından bu yana meydana gelen artış hızının ana itici gücünün insan etkisi olduğu düşünülmektedir. Deniz seviyesi yükselmesine sebep olan termal genişleme; 1971-2018 döneminde deniz seviyesindeki artışın %50'sine, buzullardan kaynaklanan buz kaybının %22'sine, buz tabakalarının %20'sine ve kara-su depolamasındaki değişikliklerin %8'ine etki etmiştir. Buz tabakası kaybı oranı 1992 ile 1999 ve 2010 ile 2019 arasında dört kat artmıştır. 2006 ile 2018 arasında ise buzul kaybı küresel ortalama deniz seviyesinin yükselmesine en çok katkıda bulunan etmendir (IPCC, 2021).

Deniz seviyesinin yükselmesi, dünyadaki kıyı yaşamı için ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Bunlar arasında şiddetli yağmur, kuvvetli rüzgarlar gibi büyük atmosferik olaylar ve fırtına dalgalarının şiddetinin artması, sulak alanların taşması, akiferlerin kirlenmesi, kıyı bölgelerini işgal eden suyun erozyona sebep olması, tarım, konut ve rekreasyon bölgeleri ile hassas yaşam habitatlarının hasar alması sayılabilir. Kıyı bölgelerinde yaşayan insanların iç bölgelere göç etmek zorunda kalması, toprağın ve yeraltı suyunun tuzlanması gibi durumlar iç bölgelerdeki yaşamı ve demografik yapının değişmesine de sebep olmaktadır (Sea Level Rise, 2022; Sea-Level Rise & Global Climate Change, 2022).

IPCC, 2021 tarihli 6. Değerlendirme ve 1. Çalışma Grubu Raporunda 2100 yılına kadar oluşabilecek küresel deniz seviyesi artışı tahminleri Ortak Sosyo-ekonomik Rota (SSP) senaryoları üzerinden Şekil 3'de verilmektedir. Buna göre en iyimser SSP1-1.9 senaryosuna göre 2100 yılına kadar küresel deniz seviyesi artışının 0,28 ile 0,55 m arasında, en kötümser SSP5-8.5 senaryosuna göre ise 0,63 ile 1,01 m mertebesinde olması beklenmektedir (IPCC, 2021). Okyanusa kıyısı olması sebebiyle deniz seviyesi yükselmesi etkilerini yaşayacak ülkelerden biri olan ABD için yapılan araştırmada, her iki senaryo ile 2100 yılına dek gerçekleşmesi muhtemel olan 0,5 m'lik deniz seviyesi yükselmesinin kıyı mülkleri üzerindeki kümülatif etkilerinin maliyet tahminleri, 20 milyar dolar ile 150 milyar dolar arasında değişmektedir (Sea-Level Rise & Global Climate Change, 2022). Yine ARC3.2 kapsamında incelenen 52 sahil kentinde deniz seviyesindeki yükselmenin 2050'li yıllarda ve 2080'li yıllarda sırası ile 15 ile 60 cm, 22 ile 124 cm arasında olacağı tahmin edilmektedir (Peker & Aydın, 2019).



Şekil 3. 2100 yılına kadar beklenen küresel deniz seviyesi değişimleri (IPCC, 2021)

İstanbul özelinde deniz seviyesinde, iklim değişikliği etkisi altında beklenen değişimler Tablo 1'de verilmiştir. Deniz seviyesi değişimleri, güncel durum ve gelecekteki projeksiyonlara göre farklı senaryolarla belirlenmiştir; bu senaryolarda fırtına koşulları önemli rol oynamaktadır. Karadeniz ve Marmara Denizi'nde deniz seviyesinin 2053 yılında RCP 8.5 senaryosuna göre 23 cm yükselmesi beklenmektedir. Bu yükselmeye fırtınasız koşullar altında gel-git etkisi ve mevsimsel değişimler de eklendiğinde 2053 yılında günümüzdeki deniz seviyesinin hem Karadeniz hem de Marmara Denizi'nde

43 cm yükseleceği, bu yükselmeye de ayrıca atmosferik basınç, rüzgâr kabarması ve dalga kabarması etkileri de eklendiğinde Karadeniz'deki yükselmenin 93 cm mertebesine ulaşması, Marmara Denizi'ndeki yükselmenin ise 68 cm'ye ulaşması öngörülmektedir. Gelecekteki deniz seviyesi yükselmesine yönelik analizler coğrafi bilgi sistemi ortamında da değerlendirilmiş, mevcut deniz seviyesinin yükselmesi durumunda tehlikeye girebilecek alanların büyüklüğü ortaya konmuştur. Bu bağlamda, mevcut deniz seviyesinin, Karadeniz ve Marmara Denizi'nde 2053 yılına kadar gerçekleşebilecek en ekstrem koşullarda sırasıyla 0,93 m ve 0,68 m yükselmesi halinde hangi bölgelerin sular altında kalacağı belirlenmiş, ayrıca uzun dönemde ve fırtınasız koşullarda deniz seviyesinin 0,43 m yükselmesi durumunda yeraltı suyu tuzlanmasının yaşanması muhtemel alanlar tespit edilmiştir (İSKİ, 2022).

Tablo 1. İstanbul özelinde deniz seviyesinde beklenen değişimler (İSKİ, 2022)

Parametre Kısa Adı	Parametre Uzun Adı	Karadeniz (m)	Marmara Denizi (m)
A	Mevsimsel Değişim (m)	0,10	0,10
B	Gel-git Etkisi (m)	0,10	0,10
C	Atmosferik Basınç ve Coriolis Etkisi (m)	0,05	0,02
D	Rüzgâr Kabarması (m)	0,20	0,10
E	Dalga Kabarması (m)	0,25	0,13
F2053	Küresel Seviye Değişimi (m) - 2053	0,23	0,23
F2100	Küresel Seviye Değişimi (m) - 2100	0,68	0,68
Uzun Dönem (Fırtınasız Koşullar)		Karadeniz (m)	Marmara Denizi (m)
(-A-B)	DSS – Düşük Su Seviyesi - <i>Şimdi</i>	-0,20	-0,20
	SSS – Sakin Su Seviyesi - <i>Şimdi</i>	0,00	0,00
(A+B)	YSS – Yüksek Su Seviyesi - <i>Şimdi</i>	0,20	0,20
(-A-B+F2053)	DSS – Düşük Su Seviyesi - <i>2053 yılı</i>	0,03	0,03
(F2053)	SSS – Sakin Su Seviyesi - <i>2053 yılı</i>	0,23	0,23
(A+B+F2053)	YSS – Yüksek Su Seviyesi - <i>2053 yılı</i>	0,43	0,43
(-A-B+F2100)	DSS – Düşük Su Seviyesi - <i>2100 yılı</i>	0,48	0,48
(F2100)	SSS – Sakin Su Seviyesi - <i>2100 yılı</i>	0,68	0,68
(A+B+F2100)	YSS – Yüksek Su Seviyesi - <i>2100 yılı</i>	0,88	0,88
Ekstrem Değer (Fırtınalı Koşullar)		Karadeniz (m)	Marmara Denizi (m)
(-A-B+C+D+E)	DSS – Düşük Su Seviyesi - <i>Şimdi</i>	0,30	0,05
(C+D+E)	OSS – Ortalama Su Seviyesi - <i>Şimdi</i>	0,50	0,25
(A+B+C+D+E)	YSS – Yüksek Su Seviyesi - <i>Şimdi</i>	0,70	0,45
(-A-B+C+D+E+F2053)	DSS – Düşük Su Seviyesi - <i>2053 yılı</i>	0,53	0,28
(C+D+E+F2053)	OSS – Ortalama Su Seviyesi - <i>2053 yılı</i>	0,73	0,48
(A+B+C+D+E+F2053)	YSS – Yüksek Su Seviyesi - <i>2053 yılı</i>	0,93	0,68
(-A-B+C+D+E+F2100)	DSS – Düşük Su Seviyesi - <i>2100 yılı</i>	0,98	0,73
(C+D+E+F2100)	OSS – Ortalama Su Seviyesi - <i>2100 yılı</i>	1,18	0,93
(A+B+C+D+E+F2100)	YSS – Yüksek Su Seviyesi - <i>2100 yılı</i>	1,38	1,13

3. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ ETKİLERİNE YÖNELİK EYLEMLER / ACTIONS AGAINST CLIMATE CHANGE IMPACTS

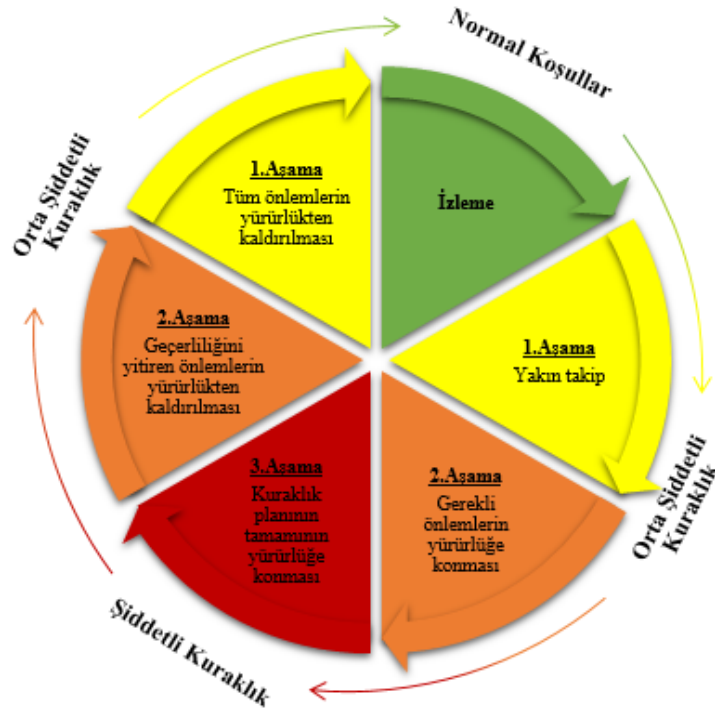
3.1. Kuraklığa Yönelik Eylemler

Kuraklık yönetimindeki iki ana yaklaşımdan biri kriz (reaktif) yönetimi yaklaşımı olarak tabir edilen ve kuraklık ortaya çıktıktan sonra gerçekleştirilen faaliyetleri/çalışmaları kapsayan yaklaşımdır. Diğeri ise risk (proaktif) yönetimi olarak tabir edilen ve kuraklık ortaya çıkmadan, yavaş gelişen bir süreç içinde uygulanan faaliyetleri/çalışmaları kapsayan yaklaşımdır (Anaç, 2008).

İSKİ Master Planı kapsamında İstanbul’da yaşanması muhtemel kuraklık afetine yönelik hazırlanan “Kuraklık Yönetim Modeli” İstanbul ilinin kuraklık hassasiyetini belirlemek, su bütçesi ve su kaynaklarındaki olası değişiklikleri ortaya koymak amacıyla oluşturulmuştur. Model, mevcut şartlar ve farklı derecelerdeki kuraklık koşullarında sektörel su kullanımının kapsamlı bir değerlendirmesini yapmaktadır. Ayrıca, kuraklık ve su kıtlığının etkilerini azaltmak için su kaynaklarının optimum kullanımını ve tasarrufunu sağlayacak, çevresel hedefleri de dikkate alan önlemlerle oluşturulmuş bir eylem planına dayanmaktadır (İSKİ, 2022).

Kuraklık yönetim modeli ve kuraklık yönetim döngüsü, yaşanması muhtemel bir kuraklık afetinin döngüsel olarak normal durumdan hafif, orta ve çok şiddetli kuraklık durumuna geçme ve tersine sırayı takip ederek normal duruma dönme süreçlerinde (yani kuraklık afeti esnasında) yapılması gereken müdahale süreçlerini ifade eder (İSKİ, 2022).

Kuraklık yönetimi döngüsü, Şekil 4’te grafiksel olarak sunulmuş ve bileşenlerinin ulusal planlardaki ve uluslararası literatürdeki karşılıkları ise Tablo 2’de detaylandırılmıştır.



Şekil 4. Kuraklık yönetimi döngüsü (Colorado Department of Natural Resources, 2018; SYGM, 2018)

Kuraklık yönetimi döngüsü dört bileşenden oluşmaktadır: İzleme, Karar Alma, Tedbir Alma ve Mücadele. Ulusal planlarda ve uluslararası literatürde de kuraklık yönetimi için benzer dört aşamalı yönetim mekanizması benimsenmektedir (İSKİ, 2022).

Tablo 2. Kuraklık yönetimi döngüsü bileşenlerinin ulusal planlarda ve uluslararası literatürdeki karşılıkları

Kuraklık Şiddeti	Konya KYP (SYGM, 2015)	Antalya KYP (SYGM, 2018)	TAKMÜSEP (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2022)	TAMP (AFAD, 2013)	Literatür (Colorado Department of Natural Resources, 2018)
Normal	İzleme	Normal	Kuraklığa Hazırlanma	Risk ve Planlama Süreci	İzleme
Hafif	Karar Alma	Ön Alarm	Kuraklık Alarmı	Hazırlık Süreci	Karar Alma/ Değerlendirme

Orta	Tedbir Alma	Alarm	Acil Eylem	Müdahale	Azaltma / Önleme
Şiddetli	Kısıtlama	Acil Durum	Kısıtlama	İyileştirme	Tepki Verme / Kısıtlama

Kuraklık koşullarının ve kurak dönem etkilerinin izlenmesi sürekli takip edilmesi gereken uzun soluklu faaliyetler Havza Yönetim Heyeti (HYH) koordinasyonunda gerçekleştirilir. Kuraklık kararının alınması aşamasında HYH, sorumlu kurum ve kuruluşların (SYGM, MGM, DSİ, AFAD, vd.) merkez ve taşra teşkilatlarındaki birimlere, uzmanlara, akademisyenlere görüş sorabilir ve teknik destek isteyebilir (İSKİ, 2022).

Kuraklık ve tetiklediği afetlerin etkilerinden sakınmak için, bu afetlerin toplulukları ilgilendiren planlama ve kalkınma süreçlerinde göz önünde bulundurulması gerekir. Bahsedilen etkileri azaltmak zor olsa da yaygın olarak kullanılan planlama araçları ve stratejileri, kuraklığı ve tetiklediği afetlerin etkilerini azaltmak için fırsatlar sunmaktadır. ABD Federal Acil Durum Yönetimi Kurumu (FEMA)'nın 2013 yılında yayınladığı Afet Etkilerini Azaltıcı Tedbir Önerileri, kuraklık etkilerinin azaltmasına yönelik hazırlanacak planlamada dikkate alınması gereken iyi bir kaynak olup Tablo 3 üzerinde bu tedbir önerilerine yer verilmiştir. FEMA ayrıca tedbirleri değerlendirirken fayda-maliyet analizi yapılmasının önemini de vurgulamaktadır.

Tablo 3. Kuraklığın afet etkilerini azaltmaya yönelik tedbir önerileri (APA, 2019)

Tedbir Grupları	Tedbir Önerileri
Yerel planlar ve uygulamalar	<ul style="list-style-type: none">Sulamaya bağımlılığı azaltmak için kuraklığa toleranslı veya kurakçıl peyzaj uygulamaları yapılması,Kuraklık planlamasının diğer planlamalarla entegrasyonunun sağlanması,Acil kuraklık durum planının hazırlanması
Yapısal tedbirler ve altyapı projeleri	<ul style="list-style-type: none">Yeraltı suyu akiferini beslemeye yönelik tedbirler: Reenjeksiyon, depolama ve ıslahSu kaynaklarını çeşitlendirmek / arttırmak ve şebeke kayıplarını azaltmak amacıyla altyapı yatırımları yapılması
Doğal sistemin korunumu	<ul style="list-style-type: none">Kuraklığın besi hayvanları ve yaban hayatı üzerindeki etkilerini azaltmak için meralardaki su depolarını ve rüzgâr enerjisiyle çalışan yeraltı suyu pompalarının artırılması,İçme suyu su kaynaklarını korumak için orman yangınlarıyla mücadele de dâhil olmak üzere havza koruma faaliyetleri yürütülmesi
Eğitim ve farkındalık programları	<ul style="list-style-type: none">Kuraklık etkilenebilirlik analizi için veri ve bilgi kaynaklarının artırılması,Etkilenen sosyal ve ekonomik sektörlerle ilişkin verilerin toplanması, cari durumun değerlendirilmesi, yürütülen programların durumunu tartışmak amacıyla kuraklık ihtisas heyeti oluşturulması,Kuraklığın etkilerini azaltmak amacıyla tarımsal üretimde ürün rotasyonu, kuraklığa dayanıklı ürünlerin yetiştirilmesi, toprak işlemez tarım gibi tarımsal değişikliklerin teşvik edilmesiKuraklığa özgü halk sağlığı sorunları için gözetim ve izleme faaliyetlerini artırılması veya sürdürülmesi (içme suyu kuyularında su kalitesinin test edilmesi)

Su temin kabiliyetinin azaldığı “hidrolojik kuraklık” durumunda, su kalitesinin bozulması ve su kullanımının artması nedeniyle içme suyu altyapısının zarar görmesi ihtimal dâhilindedir. Bununla beraber iklim değişikliğine bağlı olarak yağış ve akış rejimlerindeki değişkenlikler su idarelerinin içme suyu depolama ve abonelerine güvenli içme suyu dağıtma kabiliyetini olumsuz etkilemesi beklenmektedir. Abonelerin kuraklık afetlerine karşı dirençliliğini (reziliyans) arttırmak ve kuraklık afetlerinden etkilenebilirliklerini hafifletmek amacıyla bir dizi faaliyetlerden oluşan kuraklık yönetimi uygulamaları yürütülerek kayda değer su tasarrufu sağlanabilir. Bu faaliyetlerden bazıları: kuraklık koşullarında suyun korunmasına ilişkin abonelerin bilgilendirilmesi, su kayıp-kaçaklarına yönelik su denetimlerini sıkılaştırmak, su tasarrufu sağlayan teknolojileri kullanan abonelere teşvik programları uygulamak, şebeke ve su arıtma sisteminde rehabilitasyon yapmak ve alternatif su kaynaklarını araştırmaktır (İSKİ, 2022).

İstanbul'un büyükşehir konumunda olması sebebiyle İBB ile birlikte İSKİ'nin kurumlar arası koordinasyon konusunda önemli bir payı vardır. Diğer kurumlar ile birlikte İSKİ'nin de kuraklık ve iklim değişikliği etkilerini izleme sürecini doğru bir şekilde yürüterek olası bir kuraklık afetinin zamanında tespitini sağlayarak diğer kurumları uyarması çok büyük önem taşımaktadır (İSKİ, 2022). Kuraklık riskini azaltıcı ve su temin sisteminde arz güvenliğini arttırıcı nitelikteki su iletim hatları inşaat çalışmaları devam etmektedir. İstanbul'a kesintisiz su temininin devamını sağlamak için 2021 yılında 128 km içme suyu şebekesi ve 53 km isale hattı yapılmıştır (İSKİ, 2021). Yaşanan kuraklıklarda barajlar arası su transferi sağlamak amacıyla enterkonnekte sistemler kurulmuştur. SCADA destekli basınç denetimi gerçekleştirilebilmekte, hidrolik modelleme ile entegre "izole alt şebekeler" üzerinden mikro ölçekli su kaybı analizi uygulamaları yapılabilmektedir. Su yönetimi ile kayıp kaçakların azaltılması hedefiyle gerçekleştirilen akıllı şebeke uygulamalarından olan izole alt bölgelerde (DMA) akıllı sayaç uygulamaları sürdürülmektedir. İSKİ tesislerinde yenilenebilir enerji kullanımı arttırmak üzerine çalışmalar (Biyogazdan enerji eldesinin arttırılması, güneş ve rüzgar enerji sistemleri uygulamaları) devam etmektedir. Su verimliliği ve tasarrufu konusunda bilinçlendirici çalışmalar kapsamında ise aylık 30 m³ ve üzeri su kullanan abonelerden başlamak üzere, yaklaşık %66 oranında su tasarrufu sağlayan, perlatörlerin ücretsiz dağıtımı yer alabilir.

3.2. Kent Selleri ve Taşkınlara Yönelik Eylemler

Türkiye'de afet riskini azaltmak amacıyla, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından 2013 yılında hazırlanmaya başlanan Taşkın Yönetim Planlarının ve Kuraklık Yönetim Planlarının 2023 yılına kadar 25 havzanın tümünde tamamlanması hedeflenmiştir. 2023 yılı itibarıyla Marmara Havzası Taşkın Yönetim Planı tamamlanmış, Meriç-Ergene Havzası Taşkın Yönetim Planı için çalışmalar ise 2024 yılında devam etmektedir. Kuraklık Yönetim Planları ise 20 havza için tamamlanmış, diğer havza planlarına yönelik çalışmalar devam etmektedir (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2024a; T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2024b). Taşkın yönetim planları kapsamında taşkın riski ön değerlendirmesi, tekerrür debisine bağlı olarak taşkın yayılacağı alanların belirlenmesi, elde edilen haritalar yardımıyla taşkın riskinin sınıflandırılması ve bu riskin önlenmesi için alınması gereken tedbirler ve eylem planını içeren taşkın yönetim planının oluşturulması çalışmaları yer almaktadır. Ayrıca İklim Değişikliğinin Su Kaynaklarına Etkisi Projesi (2013-2016) ile iklim değişikliği senaryolarının Türkiye'nin tüm havzalarındaki su kaynaklarına etkisi tespit edilmiştir (İSKİ, 2022). 2021 yılında su ile ilgili çeşitli çalışma grupları ile yapılan ve 7 ay süren "I. Su Şurası" sonuç bildirisine göre; taşkın ve kuraklık yönetiminde kriz yönetiminden risk yönetimine geçiş sağlanarak ülkemizdeki tüm havzalarda taşkın ve kuraklık yönetim planları 2023 yılına kadar tamamlanacak ve bu planlarda belirlenen tedbirlerin uygulanması sürekli takip edilecek, taşkın ve kuraklık afetleri ile ilgili tahmin ve erken uyarı sistemleri kurulacak ve bu afetler öncesinde gerekli uyarılar yapılarak önlemler alınacaktır. Ayrıca 2018 yılında İstanbul Büyükşehir Belediyesi Başkanlığınca "İstanbul İklim Değişikliği Eylem Planı" hazırlanmıştır. Bu kapsamda İSKİ'nin görev ve sorumlulukları altında kalan eylemlerden taşkınlara yönelik önlemlerin alınması eyleminin alt eylemi olarak derelere kurulan akım gözlem istasyonlarının sayısının 2020'ye kadar 25 noktaya genişletilmesiyle taşkın erken uyarı sisteminin güçlendirilmesi ve taşkın uyarılarının halka hızla taşkın öncesi ulaştırılması için iletişim altyapısının kurulması (belirli bölgelerde otomatik uyarı sms'i gönderilmesi vb. eylemi vardır (İSKİ, 2022). Ayrıca İSKİ'nin taşkın ve sel baskınlarının önüne geçmek için yaptığı dere ıslah çalışmaları devam etmektedir. 2021 yılında 11,5 km dere ıslahı yapılmıştır. Islah edilen derelerde kokunun önlenmesi ve biriken teressubatin temizliği için de çalışmalar yapılmaktadır (İSKİ, 2021). 2019-2024 yılları arasında toplam da 78,2 km dere ıslahı ve bu alanlarda 824.420 m² peyzaj çalışması tamamlanmıştır (İSKİ, 2024). Şekil 5.'te yapılan peyzajlı dere ıslah çalışmalarından bir örnek gösterilmiştir.



Şekil 5. *Beylikdüzü Kavaklıdere Peyzajlı Dere Islahı*

3.3. Sıcak Hava Dalgalarına Yönelik Eylemler

Yaklaşık 16 milyonluk nüfusu ile Türkiye'nin en kalabalık şehri olan İstanbul'da kentsel alandaki büyüme ve yoğun gelişme nedeniyle kentsel ısı adası etkisi ile kentsel ve kırsal alanlar arasındaki sıcaklık farklarının artması beklenen bir durumdur (Zaeemdar & Baycan, 2017). Bu konu ulusal düzeyde T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı İklim Değişikliği Eylem Planı (2011-2023) ile ele alınmış, aşırı hava olaylarının mevcut ve gelecekteki halk sağlığı üzerindeki etkilerinin izlenmesi ve değerlendirilmesi konusunda bazı eylemler belirlenmiştir (T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2012). Yerel düzeyde ise İstanbul İklim Eylem Planı ile sıcak hava dalgalarını başta halk sağlığı olmak üzere birçok sektör için en büyük risklerden biri olarak tanımlanmıştır (İBB, 2021).

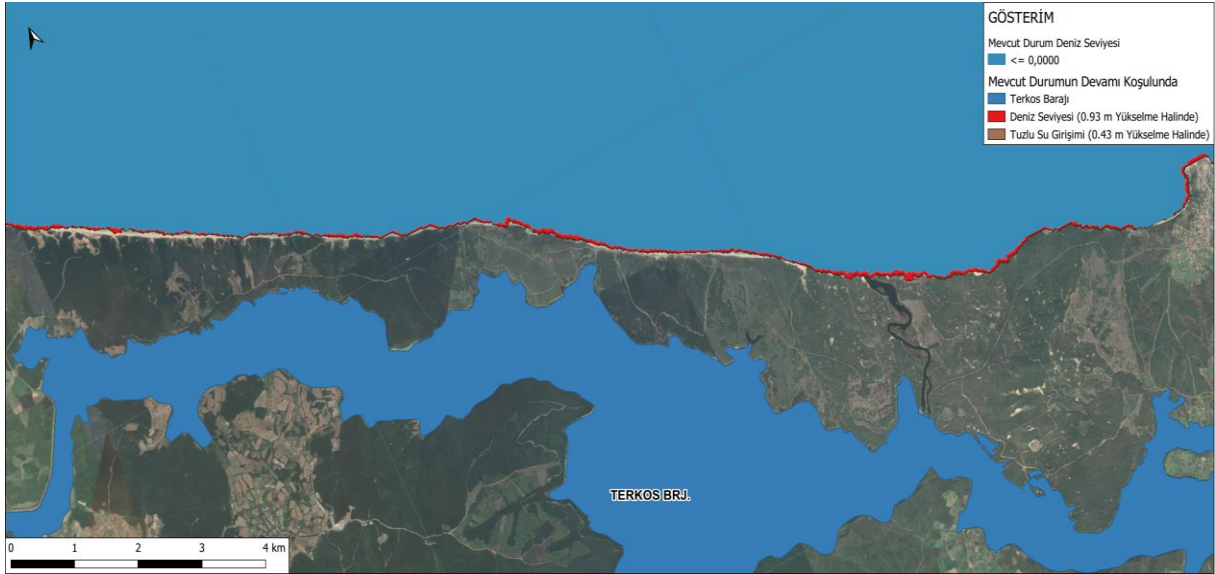
Sıcak hava dalgaları sebebiyle kentsel ısı adaları yerelde ve ulusal düzeyde önemli olduğu ifade edilse de ayrıntılı bir ısı sağlığı eylem planı henüz belirtilmemiştir. Yeşil Avrupa Vakfı'nın *Umut Mekanları Olarak Kentler* Projesi'nde 2030 yılı için Atina'nın Dayanıklılık Stratejileri ve İstanbul Kent Konseyi'nin sıcak hava dalgalarına ilişkin görüş ve önerileri kullanılarak İstanbul Büyükşehir Belediyesi için sıcak hava dalgalarına karşı potansiyel eylem alanları ve eylem örnekleri Tablo 4'te yer almaktadır (Aydın & Aydın, 2020; Resilient Athens, 2022; İstanbul Kent Konseyi, 2022).

Tablo 4. İstanbul Büyükşehir Belediyesi için sıcak hava dalgalarına karşı potansiyel eylem alanları ve eylem örnekleri (Aydın & Aydın, 2020)

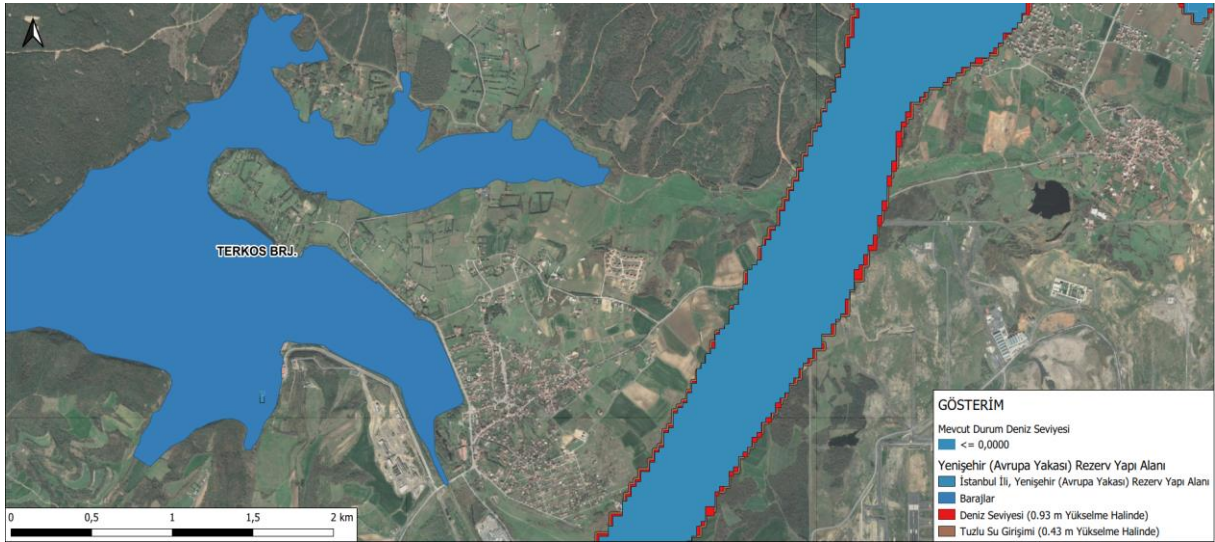
	Eylem	Paydaşlar
Yeşil Altyapı	<p>Yeşil altyapıya yatırım yapılması (mevcudun korunarak, yenilerinin oluşturulması) ile şehrin mikroi iklimi iyileştirilmeli ve kentsel ısı adası etkileri sınırlandırılmalıdır. Diğer eylemler aşağıdaki şekilde sıralanabilir;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Parklar ve diğer yeşil alanlar, sıcak hava dalgalarında batırmaya imkân verecek şekilde düzenlenmeli ve gölgelerin azaltılması önlemek için yanlış budamalardan kaçınılmalıdır. • Park peyzajlarında ve diğer yeşil alanlarda daha az su gerektiren bitkiler kullanılmalı, daha az nem oluşturacak zamanlarda sulama yapılmalıdır. • Pazar yerleri, çarşılar gibi açık alanlar ve sokaklardaki diğer alanlar, gölge ve serin geçiş alanları oluşturabilmek için daha az su gerektiren (sarmaşık ve çalı gibi) yerli bitkiler kullanılarak kapatılmalıdır. • Dikey bahçe uygulamaları, yeşil alan oluşturmanın mümkün olmadığı, nüfus yoğunluğunun fazla olduğu yerleşim alanlarında serinletici etki yapabilmektedir. • Su tasarrufunun yanı sıra aşırı sıcaklıklarda su kıtlığını önlemek için yağmur hasadı gibi uygulamalar geliştirilebilir. 	<ul style="list-style-type: none"> • Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, • Üniversiteler • STK'lar • Özel sektör • C40 ve diğer uluslararası şehir ağları
Çevresel	<p>Yoğun yapılaşma sebebiyle binalar için ısıtma ve soğutma ihtiyacı yüksek olan İstanbul'da, ısı adalarını azaltmak ve rüzgâr koridorları oluşturmaya yönelik imar planları hazırlanmalıdır. Diğer eylemler aşağıdaki şekilde sıralanabilir;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ana meydanlardaki metrobüs durakları ve diğer büyük duraklar, sıcak havalarda yayaların termal konforunu sağlayacak şekilde yeniden tasarlanmalıdır. • Klimalı serin barınma merkezleri ve diğer tesisler (su, tuvalet...) kurulmalıdır. • Kamu binalarının dış cephelelerinde yansıtıcı renkler ve yüzey kaplama malzemeleri kullanılmalıdır. 	<ul style="list-style-type: none"> • Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, • Sağlık Bakanlığı, • Üniversiteler • STK'lar • Özel sektör
Halk Sağlığı	<p>Belediyeler, sıcak hava dalgaları sırasında bilgilendirme ve koordinasyon konusunda önemli bir role sahiptir. Toplumun farklı kesimlerine yönelik etkili koruma ve önleme faaliyetleri yürütmelidir. Diğer eylemler aşağıdaki şekilde sıralanabilir;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vatandaşların yüksek sıcaklıklarda kendilerini sıcakta koruyabilmeleri için serin barınma merkezleri kurulmalıdır. • Evsizler için klimalı geçici barınma alanları sağlanmalı, ana meydanlarda soğuk su ve güneş şemsiyeli çadırlar kurulmalıdır. • Komşuların, akrabaların ve belediyenin sosyal hizmetlerinin, yalnız yaşayan yaşlıların ve diğer savunmasız kişileri düzenli olarak kontrol etmesini sağlamak için hatırlatmalar yayınlanmalıdır. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sağlık Bakanlığı • Özel hastaneler • Üniversiteler • STK'lar • Özel sektör
Kamu	<p>Vatandaşların ve diğer profesyonellerin belirtilen eylemlerde bilgilendirilmesi, bu eylemlere katılımın ve dolayısıyla eylem planlarının başarısı için çok önemlidir. Her şeyden önce, sıcak hava dalgası eylem planı ve serin barınma merkezlerinin konumu kamuya açık olmalıdır. Diğer eylemler aşağıdaki şekilde sıralanabilir;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Meteoroloji Genel Müdürlüğü ile işbirliği içinde sıcak hava dalgası erken uyarı sistemleri kurulmalıdır. • Ana akım ve alternatif medya ve iletişim kanalları aracılığıyla vatandaşlar, beklenen sıcak hava dalgalarına karşı uyarılmalıdır. • Toplu taşıma araçlarındaki reklam panoları ve bilgi ekranları, sıcak hava dalgaları hakkında farkındalık artırıcı mesajlar verilmelidir. • Hassas topluluklar ve risk grupları tarafından alınması gereken önlemler, kendilerine kısa mesaj yoluyla doğrudan iletilmelidir. 	<ul style="list-style-type: none"> • STK'lar • Televizyonlar ve gazeteler • Üniversiteler • Özel sektör

3.4. Deniz Seviyesi Yükselmesine Yönelik Eylemler

İSKİ Master Planı İklim Değişikliği ve Kuraklık Etkileri Raporunda gelecekteki deniz seviyesi yükselmesine yönelik analizler coğrafi bilgi sistemi ortamında değerlendirmeye alınmış, mevcut deniz seviyesinin yükselmesi halinde ne kadarlık bir alanın tehlikede olabileceği ortaya konmuştur. Çalışmada İstanbul'un SRTM 30 m çözünürlüklü sayısal yükseklik modelinden faydalanılmış, mevcut deniz seviyesinin Karadeniz'de ve Marmara Denizi'ndeki 2053 yılına kadarki en ekstrem koşul olan 0,93 m ve 0,68 m yükselmesi halinde hangi bölgelerin sular altında kalacağı tespit edilmiştir. Burada yapılan bir diğer çalışma ise uzun dönemde ve fırtınasız koşullarda (deniz seviyesinin 0,43 m yükselmesi halinde) yeraltı suyu tuzlanması yaşanması muhtemel alanların belirlenmesidir. Bu analiz uzun yıllardır DSİ tarafından kullanıldığı şekliyle Ghyben-Herzberg formülü kullanılarak 1 m deniz seviyesi yükselmesinin 40 m yeraltı suyu tablasında değişim oluşturacağı yöntemi ile belirlenmiştir. Ayrıca 0,43 m yükselmeye karşılık gelen yeraltı suyu tablası değişimi ve buna bağlı olarak tuzlanma riski olan bölgedeki yükselme yatayda 17,2 m olarak tespit edilmiştir. Buna göre 17,2 m yeraltı suyu yükselmesi halindeki tuzluluğa maruz kalabilecek alanlar da coğrafi bilgi sistemi ortamında belirlenmiş ve harita olarak sunulmuştur (Sargın, 2010; İSKİ, 2022). Çalışma kapsamında ayrıca İstanbul İli, Yenişehir (Avrupa Yakası) Rezerv Yapı Alanı projesinin gerçekleştiği durumda deniz seviyesi değişiminin ne boyutlarda olabileceği konusu da değerlendirmeye alınmıştır. İstanbul İli, Yenişehir (Avrupa Yakası) Rezerv Yapı Alanı güzergâhı ve şevleri sayısal yükseklik modeline işlendikten sonra mevcut durumda olduğu gibi aynı yöntem ile hem deniz seviyesi yükselmesi hem de yeraltı suyunun tuzlanma durumu 2053 yılı için kontrol edilmiştir. Çalışma özellikle Terkos ve Büyükçekmece Barajlarının yer aldığı bölgede detaylandırılmıştır. Oluşturulan haritalar Terkos Barajı, İstanbul İli, Yenişehir (Avrupa Yakası) Rezerv Yapı Alanı projesinin gerçekleşmesi durumunda Terkos Barajı ve Büyükçekmece Barajı olacak şekilde sırasıyla Şekil 6, Şekil 7 ve Şekil 8 ile sunulmaktadır (İSKİ, 2022).



Şekil 6. Deniz seviyesinin 2053 yılında yükselmesi halinde Terkos Barajı'nın kuzeyinde sular altında kalması muhtemel bölgeler ve tuzlu su girişimi yaşanma ihtimali olan bölgeler (İSKİ, 2022)



Şekil 7. İstanbul İli, Yenişehir (Avrupa Yakası) Rezerv Yapı Alanı projesinin gerçekleşmesi halinde Terkos'un doğusundaki bölgede 2053 yılındaki muhtemel deniz seviyesi yükselmesi ve tuzlu su girişimi durumları (İSKİ, 2022)



Şekil 8. Marmara Denizi seviyesinin 2053 yılında yükselmesi halinde Büyükçekmece Barajı'nın güneyinde sular altında kalması muhtemel bölgeler ve tuzlu su girişimi yaşanma ihtimali olan bölgeler (İSKİ, 2022)

İSKİ Master Planı İklim Değişikliği ve Kuraklık Etkileri Raporunda yapılan değerlendirmelere göre gerçekleşmesi muhtemel deniz seviyesi yükselmesi, su kaynakları ve yağmur suyu toplama sistemi açısından herhangi bir sorun oluşturmamaktadır. Ancak atıksu toplama sisteminde mevcut durumda kullanılan savak yapılarının gelecekte de işletilmeye devam etmesi halinde bu savak yapılarına deniz suyu girişiminin önlenmesi için tedbirler alınmalıdır. Deniz seviyesindeki değişim takip edilmeli, Boğaziçi ve Haliç boyunca bulunan ve +0,60 m kotundaki savak yapılarındaki deniz seviyesindeki artışlara göre bu savak yapılarının denize deşarj seviyeleri yükseltilmeli ya da savak yapıları iptal edilmelidir. Deniz seviyesi yükselmesi ile ilgili olarak Terkos Gölü'nü tehdit eden esas konu Terkos Gölü açıklarında Karadeniz'den alınan deniz kumunun kıyıda yarattığı olumsuz etkidir. Bu nedenle, Terkos Gölü açıklarında deniz kumu alınmasına kesinlikle müsaade edilmemesi gerekmekte olup bu nedenle oluşabilecek kıyı oyulmaları düzenli olarak kontrol edilmeli ve gerekli tedbirler alınmalıdır (İSKİ, 2022).

4. SONUÇLAR / RESULTS

Nüfus yoğunlukları ve ekonomik faaliyetleriyle sera gazı emisyonuna yoğun katkıda bulunan kentler, aynı zamanda değişen iklimin oluşturduğu etkilerle karşı karşıyadır. Bu karşılıklı etkileşim iklim değişikliğine uyum ve mücadele politikaları açısından mega kentleri öncelikli kılmaktadır.

İstanbul'un iklime dayanıklı bir şehir olma yolundaki çalışmaları, sürdürülebilir su yönetimi ve altyapı planlaması açısından önemli bir yol haritası sunmaktadır. Şehir, yoğun nüfus ve sınırlı kaynaklarla birleşen iklim değişikliği risklerine karşı kırılğan bir yapı sergilemekte; bu durum da uzun vadeli stratejiler ve bütünlük bir yaklaşım gerektirmektedir. İstanbul il sınırları içerisinde mevcut durumda sağlanan su, atık su ve yağmur suyu hizmetlerinin çevresel açıdan sürdürülebilir hale getirilmesi; bu hizmetlerin uzun vadede topluma faydalı olabilmesi için kurumsal bir vizyon geliştirilmesi ve finansal açıdan bu gelişime katkı sağlanması amacıyla İçme suyu ve Kanalizasyon Master Planı hazırlamıştır. Master Plan kapsamında yapılan çalışmalar doğrultusunda hazırlanan İklim Değişikliği ve Kuraklık Etkileri Raporunda İstanbul'un mevcut ve potansiyel su kaynaklarına yönelik yapılan kuraklık şiddet ve risk analizleri, trend analizleri, ısı adası etkisi, deniz seviyesi yükselmesi değerlendirmeleri ve iklim değişikliğinin su potansiyeline olan etkisi şehrin su yönetim stratejilerinin belirlenmesinde kritik bir rol oynamaktadır. Bu analizler, İstanbul'un gelecekteki su talebini karşılamak için potansiyel risklerin önceden tespit edilmesine ve şehrin su kaynaklarının daha verimli kullanılmasına yönelik stratejilerin geliştirilmesine olanak sağlamaktadır.

İklim değişikliği ve kuraklık koşulları dikkate alındığında su tasarrufu sağlamak için bilinçlendirme çalışmalarının yaygınlaştırılması önem kazanmaktadır. Ayrıca, su kayıp-kaçaklarının önlenmesi amacıyla kontrol sistemlerinin yaygınlaştırılması ve altyapı yenileme çalışmaları, suyun daha verimli kullanılmasına katkıda bulunabilir. Kuraklıkla mücadelede, su tasarrufu sağlayan teknolojilerin kullanımını teşvik etmek için, bu teknolojileri benimseyen abonelere yönelik teşvik programları uygulanabilir. Aynı zamanda, kent selleri ve taşkınlar gibi doğal afetlere karşı erken uyarı sistemlerinin kurulması, şehirdeki suyun güvenli bir şekilde yönetilmesini ve taşkın risklerinin minimize edilmesini sağlar. Dere ıslahı ve yeşil altyapı projeleri sadece yağmur suyu yönetimini iyileştirmekle kalmaz, aynı zamanda şehirdeki yeşil alanların artırılmasına ve ekosistem hizmetlerinin güçlendirilmesine de katkıda bulunur. İstanbul'un sahil alanlarında meydana gelebilecek risklerin erken tespiti ve önlenmesi için izleme sistemlerinin kurulması da deniz seviyesi yükselmesi konusunda kritik öneme sahiptir. Tüm bu önlemler, kuraklık ve su kıtlığına karşı proaktif bir yaklaşımla, İstanbul'un su kaynaklarının daha etkin ve sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesini sağlar. Şehirdeki su yönetim politikalarının iklim değişikliğine uyum sağlaması hem su, atık su ve yağmur suyu hizmetlerinin kalitesinin devamlılığını sağlayacak, hem de şehrin gelecekteki su güvenliğini teminat altına alacaktır. Bu kapsamlı yaklaşım, İstanbul'u iklim değişikliğine daha dirençli ve mega kent haline getirmek için atılan önemli adımlar arasında yer almaktadır.

5. TEŞEKKÜR / ACKNOWLEDGEMENT

Bu çalışmadaki desteklerinden dolayı İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi'ne ve Prof. Dr. Tuğba ÖLMEZ HANCI 'ya teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR / REFERENCES

- AFAD. (2013). *Türkiye Afet Müdahale Planı (TAMP)*. T.C. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı. Ankara.
- Anaç, S. (2008). *Küresel iklim değişikliği ve kuraklık yönetiminde inovatif yaklaşımlar*. Türkiye'nin İstikrar ve Büyüme Hamlesi, Yarının Kurulması Hedef 2023. İstanbul.
- APA (2019). *Falling Dominoes: A Planner's Guide to Drought and Cascading Impacts*. American Planning Association.
- Aydın, B., & Aydın, C.İ. (2020). *Governance Strategies For Cooling Cities: Cases of Athens and Istanbul*. GEF Cities as Place of Hope Project Working Paper. Green European Foundation & Green Thought Association.
- Baltacı, H. (2018). 18 Temmuz 2017 Tarihinde İstanbul'da Meydana Gelen Sel Olayının Meteorolojik Analizi. *Marmara Fen Bilimleri Dergisi*, 55-60. <https://doi.org/10.7240/marufbd.397544>.
- C40. (2022). *C40 Cities*. Erişim Tarihi: 19 Eylül 2022, <https://www.c40.org/> adresinden alındı.
- Can, G., Şahin, Ü., Sayılı, U., Dube, M., Kara, B., Acar, H.C., İnan, B., Aksu Sayman, Ö., Lebel, G., Bustanza, R., Küçükali, H., Güven, U., & Gosselin, P. (2019). Excess Mortality in Istanbul during Extreme Heat Waves between 2013 and 2017. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(22), 4348. <https://doi.org/10.3390/ijerph16224348>.
- Ciais, P., Reichstein, M., Viovy, N., Granier, A., Ogee, J., Allard, V., Aubinet, M., Bunchman, N., Bernhofer, C., Carrara, A., Chevallier, F., De Noble, N., Friend A. D., Friedlingstein, P., Grünwald, T., Heinesch, B., Keronen, P., Knohl, A., Krinner, G., Loustau, D., Manca, G., Matteucci, G., Miglietta, F., Ourcival, J. M., Papale, D., Pilegaard, K., Rambal, S., Seufert, G., Soussana, J. F., Sanz, M. J., & Schulz, E. D. (2005). Europe-wide reduction in primary productivity caused by the heat and drought in 2003. *Nature*, 437(7058), 529-533. <https://doi.org/10.1038/nature03972>.
- Climate Change: Global Sea Level. (2022). *Global Climate Dashboard*, Erişim Tarihi: 29 Nisan 2022, <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-global-sea-level> adresinden alındı.
- CNN Türk. (2017). *İstanbul'da dolunun faturası 1 milyar TL'yi buldu*, Erişim tarihi: 06 Ağustos 2017, <https://web.archive.org/web/20170807044233/https://www.cnnturk.com/otomobil/istanbuld-a-dolunun-faturasi-1-milyar-tlyi-buldu> adresinden alındı.
- Colorado Department of Natural Resources. (2018). *Colorado Drought Mitigation and Response Plan*. Colorado Water Conservation Board Department of Natural Resources, Colorado.
- Demirtaş, M. (2016). Şiddetli sıcak hava dalgaları: dinamik-fiziksel etkenler ve bu sıcak hava dalgalarının özellikleri. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 21(2), 201-20. <https://doi.org/10.16984/saufenbilder.297005>.
- Doswell, C. (2015). Hydrology, Floods, and Droughts: Flooding. *Earth Systems and Environmental Sciences*, 201-208. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-382225-3.00151-1>
- Erlat, E. (1999). İzmir'de Maksimum Sıcaklıklar ve Sıcak Dalgaları. *Ege Coğrafya Dergisi*, 10(1), 125-148.
- European Commission. (2022). *Water scarcity and droughts*. Erişim tarihi: 05 Mayıs 2022, https://environment.ec.europa.eu/topics/water/water-scarcity-and-droughts_en adresinden alındı.
- EUROSTAT. (2022a). *Water exploitation index, plus (WEI+)*. Erişim tarihi: 05 Mayıs 2022, https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/sdg_06_60/default/table?lang=en adresinden alındı.
- EUROSTAT. (2022b). *The EU in the world - population*. Erişim tarihi: 14 Eylül 2022, https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=The_EU_in_the_world_population#Urban_populations adresinden alındı.
- Flash floods and Urban flooding Turkey (2022). *Climate Change Post*. Erişim tarihi: 04 Nisan 2022, <https://www.climatechange.org/turkey/flash-floods-and-urban-flooding/#:~:text=Flood%20impacts%20in%20Turkey%20are,impervious%20surfaces%2C%20and%20inadequate%20drainage> adresinden alındı.

- Folberth, G. A., Butler, T. M., Collins, W. J., & Rumbold, S. T. (2015). Megacities and climate change -A brief overview. *Environmental Pollution*, 235-242. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2014.09.004>
- IPCC. (2014). *IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report*. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva.
- IPCC. (2021). *IPCC, 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge.
- İBB. (2021). *İstanbul İklim Değişikliği Eylem Planı*. İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Çevre Koruma ve Kontrol Dairesi Başkanlığı. İstanbul
- İSKİ. (2020). *İSKİ 2020 Faaliyet Raporu*. İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi. İstanbul
- İSKİ. (2021). *İSKİ 2021 Faaliyet Raporu*. İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi. İstanbul
- İSKİ. (2022). *İSKİ Master Planı İklim Değişikliği ve Kuraklık Etkileri Raporu*. İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi. İstanbul.
- İSKİ. (2024). *İSKİ Atık Su İnşaat Dairesi Başkanlığı 2024 Faaliyet Raporu*. İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi. İstanbul.
- İstanbul Kent Konseyi. (2022). *Sıcak Dalgaları Konusunda Görüş ve Öneriler – Bilgi Notu*. Erişim tarihi: 12 Ekim 2022, <https://istanbulkentkonseyi.org.tr/wp-content/uploads/2020/06/iKK-iKcG-Sicak-Dalgaları-Konusunda-Gorus-ve-oneriler-BiLGi-NOTU-30.06.2020-v2.pdf> adresinden alındı.
- IV. Uluslararası Su Kongresi: Akıllı Şehirlerde Suyun Yönetimi. (2-4 Kasım 2017). *Kongre Sonuç Bildirgesi*, 1-2. İzmir. https://www.hidropolitikakademi.org/uploads/wp/2019/09/KONGRE_SONUC_BILDIRGESI.pdf
- Kadioğlu, M. (2019). *Kent Selleri Yönetim ve Kontrol Rehberi*. Marmara Belediyeler Birliği Kültür Yayınları. İstanbul.
- Kuba, E. B., Deniz, Z. A., & Öztürk, B. (13-14 Ekim 2016). Türkiye’de 1960-2010 Döneminde Oluşan Sıcak Hava Dalgalarının Klimatolojik ve Meteorolojik Analizi. TÜCAUM Uluslararası Coğrafya Sempozyumu Uluslararası Coğrafya Sempozyumu. Ankara. http://tucaum.ankara.edu.tr/wp-content/uploads/sites/280/2016/12/Int_semp_FC3.pdf
- Kurnaz, L. (2014). *Drought in Turkey*. IPC–Mercator Policy Brief. Istanbul Policy Center. İstanbul. <https://ipc.sabanciuniv.edu/Content/Images/CKeditorImages/20200323-16034498.pdf>
- Marx, W., Haunschild, R., & Bornmann, L. (2021). Heat waves: a hot topic in climate change research. *Theoretical and Applied Climatology*, 146, 781-800. <https://doi.org/10.1007/s00704-021-03758-y>
- Peker, E., & Aydın, C. İ. (2019) Değişen İklimde Kentler: Yerel Yönetimler İçin Azaltım ve Uyum Politikaları. İPM–Mercator Politika Notu. İstanbul Politikalar Merkezi. İstanbul. <https://ipc.sabanciuniv.edu/Content/Images/Document/degisen-iklimde-kentler-yerel-yonetimler-icin-azaltim-ve-uyum-politikalari-61f167/degisen-iklimde-kentler-yerel-yonetimler-icin-azaltim-ve-uyum-politikalari-61f167.pdf>.
- Resilient Athens. (2022). *Athens Resilience Strategy for 2030*. Erişim tarihi: 12 Ekim 2022, https://resilientathens.wordpress.com/wp-content/uploads/2017/07/athens_resilience_strategy_-_reduced_pdf-compressed.pdf adresinden alındı.
- SARGIN, A. H., 2010. Yeraltı Suları. Devlet Su İşleri (DSİ) Genel Müdürlüğü Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltı suları Dairesi Başkanlığı. 200s. Ankara
- SARGIN, A. H., 2010. Yeraltı Suları. Devlet Su İşleri (DSİ) Genel Müdürlüğü Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltı suları Dairesi Başkanlığı. 200s. Ankara
- Sargın, A. H. (2010). *Yeraltı Suları*. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Jeoteknik Hizmetler ve Yeraltı suları Dairesi Başkanlığı. Ankara.
- Sea Level Rise: Causes and Consequences. (2022). *Sustainability For All*. Erişim tarihi: 13 Eylül 2022, <https://www.activesustainability.com/climate-change/sea-level-rise-causes-and-consequences> adresinden alındı.

- Sea-Level Rise & Global Climate Change: A Review of Impacts to U.S. Coasts. (2022). *Center For Climate and Energy Solutions*, Erişim tarihi: 13 Eylül 2022, <https://www.c2es.org/document/sea-level-rise-global-climate-change-a-review-of-impacts-to-u-s-coasts/> adresinden alındı.
- SYGM. (2015). *Konya Havzası Kuraklık Yönetim Planı*. Türkiye Cumhuriyeti, Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Taşkın ve Kuraklık Yönetimi Dairesi Başkanlığı. Ankara.
- SYGM. (2018). *Antalya Havzası Kuraklık Yönetim Planı*. Türkiye Cumhuriyeti, Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Taşkın ve Kuraklık Yönetimi Dairesi Başkanlığı. Ankara.
- Szalińska, W., Otop, I., & Tokarczyk, T. (2018). *Urban drought*. VI International Conference of Science and Technology INFRAEKO 2018 Modern Cities. Infrastructure and Environment. Krakow. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20184500095>
- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı. (2022). *Türkiye Tarımsal Kuraklıkla Mücadele Stratejisi ve Eylem Planı (2023-2027)*. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarım Reformu Genel Müdürlüğü. Ankara.
- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı. (2024a). *Taşkın Yönetim Planları*. Erişim tarihi: 04.12.2024, <https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Sayfalar/Detay.aspx?SayfaId=53> adresinden alındı.
- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı. (2024b). *Kuraklık Yönetim Planları*. Erişim tarihi: 04.12.2024, <https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Sayfalar/Detay.aspx?SayfaId=61> adresinden alındı.
- T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2012). *Türkiye Cumhuriyeti İklim Değişikliği Eylem Planı 2011 – 2023*. TC Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, İklim Değişikliği Başkanlığı. Ankara.
- T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2022). *Çevresel Göstergeler*. TC Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Çevresel Etki Değerlendirmesi, İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü. Ankara.
- T.C. Dışişleri Bakanlığı (2022). *İklim Değişikliği ile Mücadele*. Erişim tarihi: 16 Eylül 2022, <https://www.mfa.gov.tr/sub.tr.mfa?6f41190c-6742-405a-9e5a-784385301607> adresinden alındı.
- Tuğaç, Ç. (2022). Erişim tarihi: 16 Eylül 2022 <https://temizenerji.org/2022/03/10/kentler-iklim-degisikligiyle-mucadele-ve-uyum/> adresinden alındı.
- United Nations. (2006). *World Urbanization Prospects The 2005 Revision*. United Nations Publication. New York.
- WHO. (2022). *Drought*. Erişim tarihi: 05 Mayıs 2022, https://www.who.int/health-topics/drought#tab=tab_1 adresinden alındı.
- Wilhite, D. A. (2000). *Chapter 1 Drought as a Natural Hazard: Concepts and Definitions*. Drought Mitigation Center Faculty Publications. Nebraska.
- Zaeemdar, S., & Baycan, T. (2017). Analysis of the Relationship between Urban Heat Island and Land Cover in Istanbul through Landsat 8 OLI. *Journal of Earth Science & Climatic Change*. <https://doi.org/10.4172/2157-7617.1000423>